

Hintergrundinformationen 1:

Wie sind Erde und Mond geologisch zusammengesetzt und was hat dies für eine Aussagekraft zur Entstehung des Mondes?

Vor 4,5 Mrd. Jahren kollidierte die Erde mit dem Protoplaneten Theia, einem Planeten mit der zwei- bis dreifachen Masse des Mars. Theia traf die Erde dezentral und zerstörte sich dabei selbst. Die Einzelteile des Protoplaneten verschmolzen entweder mit der Erde, wie beispielsweise der Eisenkern des Einschlägers, der zum Erdkern gewandert ist, wodurch dieser heute für die Masse und Größe der Erde überproportional groß ist, oder sie landeten mit Einzelteilen der Erde in der Erdumlaufbahn. Die heißen ausgeworfenen Gesteine im Erdorbit formten anschließend nach 100 Jahren den Erdtrabanten, unseren Mond. Experimenten und Modellen zufolge sanken die schweren Mineralien aus der Schmelze nach unten und bildeten den Mantel, wohingegen die leichteren die Mondkruste hervorbrachten. Nach 10.000 Jahren hat sich die heutige Verdichtung des Mondes herausgebildet (s. Abb. 1). Diese Entwicklung kann aus dem Mondgestein der Apollo-Missionen abgeleitet werden und ist die gängigste Theorie zur Entstehung des Mondes. Das Mondgestein ähnelt dem Erdmantelgestein enorm. Lediglich die leichtflüchtigen Elemente sind auf dem Mond nicht bzw. kaum mehr zu finden, da der Großteil vermutlich bei der Akkretion oder durch die enorme Gravitationskraft der Erde im Anfangsstadium verdampfte. Insgesamt wurden 400 kg an Mondgestein durch die Apollo-Missionen auf die Erde gebracht und analysiert.

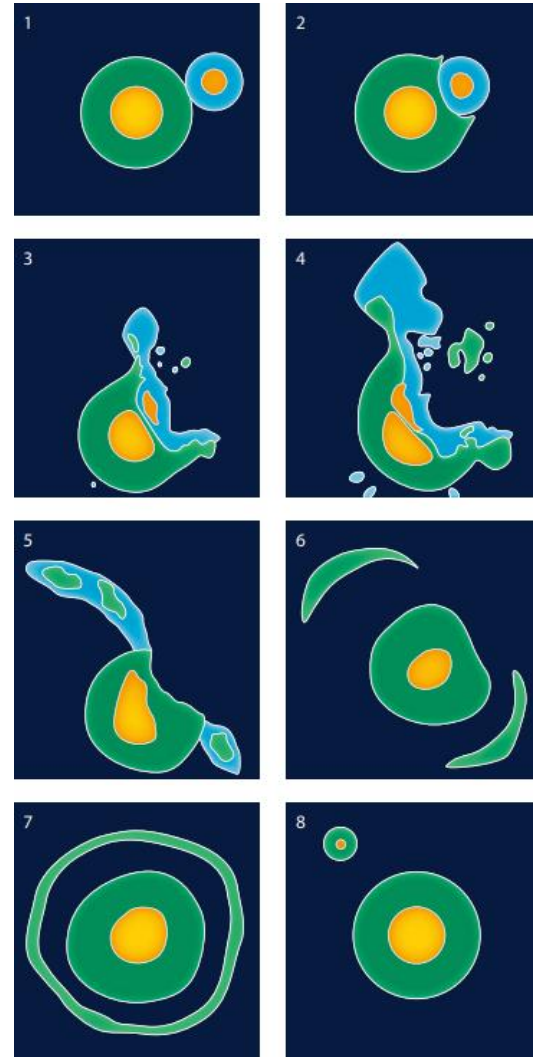


Abbildung 1: Entstehung des Mondes

Ein wesentlicher Unterschied zwischen Mond und Erde besteht darin, dass der Mond insgesamt sehr viel weniger Eisen enthält als die Erde, da er keinen oder einen nur sehr kleinen Eisenkern besitzt. Der schwere Eisenkern ist auch der Grund für die wesentlich höhere Dichte der Erde. Ansonsten scheint klar eine Ähnlichkeit zwischen dem Gestein des Mondes und dem Erdmantelgestein zu bestehen. Dies äußert sich insbesondere durch die häufigsten Elemente: Silicium, Aluminium, Eisen, Magnesium und Calcium. Außerdem weist der Mond die gleiche Dichte auf wie der Erdmantel. Unterschiede bestehen insbesondere bezüglich der flüchtigen Bestandteile, da der Mond verarmt an Alkalien, Wasser und flüchtigen Spurenelementen ist. Neben der erwähnten Entstehungsgeschichte des Mondes sind dafür heute noch die nicht vorhandene Atmosphäre und die dauerhafte kosmische Einflussnahme und Hitze verantwortlich.

Die auf der Erde vorherrschenden ständigen Wechsel von endogenen und exogenen Prozessen weist der Mond nicht mehr auf, auch wenn diese beispielsweise durch den Vulkanismus gegeben waren. Die Spuren des ehemaligen Mond-Vulkanismus sind auch heute noch in Form von Rillen (ehemals dünnflüssige Lava) und Kratern zu erkennen. Das Ende der vulkanischen Aktivität auf dem Mond ist nicht eindeutig auszumachen. Es wird geschätzt, dass die Aktivität circa bis vor 2 Milliarden Jahren gegeben war. Eine Studie aus dem Jahr 2019, die in der Fachzeitschrift „Nature Geoscience“ veröffentlicht wurde, beschreibt allerdings, dass der Mond möglicherweise geologisch aktiver ist als bisher angenommen. Es wurde seismische Aktivität gemessen, die sich in Form von sog. Mondbeben äußert. Dabei habe sich höchstwahrscheinlich Spannung in der Mondkruste, die sich durch globale Kontraktion und Gezeitenkräfte aufgebaut hatte, nahe der Bruchzonen, entladen. Insgesamt lässt sich aber festhalten, dass die tektonischen Prozesse von Erde und Mond nicht vergleichbar sind und vor allem bedeutend verschiedene Ausmaße aufweisen.

Besonders auffällig ist die sog. Dichotomie bzw. die asymmetrische Erscheinung des Mondes. Der Mond verfügt über eine lunare Kruste, die auf der erdabgewandten Seite sehr viel dicker ist als auf der erdabgewandten Seite. Der Grund dafür liegt in der Frühphase der Entstehung des Mondes. Nachdem sich der Mond zu einem Himmelskörper ausgebildet hat, war die Entfernung zur Erde mit etwa 40.000 bis 45.000 Kilometern noch sehr viel geringer als heute (380.000 Kilometer im Mittel). Durch den sehr viel größeren gravitativen Einfluss der Erde auf den Mond war dieser extrem heiß und von flüssiger Lava umgeben. Es besteht die wissenschaftliche Vermutung, dass sich die Lava durch die Zentrifugalkraft in Richtung der erdabgewandten Seite bewegt hat und sich dort verfestigte. Aus diesem Grund soll die erdabgewandte lunare Kruste mächtiger sein. Das ist aber nur eine der möglichen Erklärungen. Der Mond weist zudem einen Massenschwerpunkt auf, der nicht dem geometrischen Zentrum entspricht. Auch damals war die Mondumlaufbahn durch den gravitativen Einfluss der Erde schnell mit der Erde synchronisiert, wodurch der

Mond auch schon dauerhaft eine erd zugewandte und eine erd abgewandte Seite aufwies. Dadurch haben sich bis heute auf der erd abgewandten Seite Hochebenen, sog. (helle) Terra-Gebiete und auf der erd zugewandten Seite (dunkle) Mare/Maria ausgebildet (s. Abb. 2). Terra-Gebiete sind sehr dicht mit Kratern verschiedener Größe bedeckt, während Mare-Ebenen ärmer an Kratern sind. Die Hochebenen bestehen überwiegend aus dem sog. Anorthosit und aus sog. Brekzien. Insgesamt dokumentieren die Hochländer also das intensive Bombardement durch Asteroiden und Meteoriten, dessen Einschlagsrate besonders in der Frühphase der Entstehung noch wesentlich höher war als heute. Die Mare-Ebenen liegen meist deutlich tiefer als die angrenzenden Terra-Gebiete. Alle Maregebiete sind vulkanischen Ursprungs. Sie sind jünger als die Hochländer und bestehen aus Basalten (vulkanischen Gesteinen), weil Lava die aus Asteroiden- und Kometeneinschlägen entstandenen Becken verfüllt hat. Sie dokumentieren demnach die vulkanisch aktive Phase des Mondes.

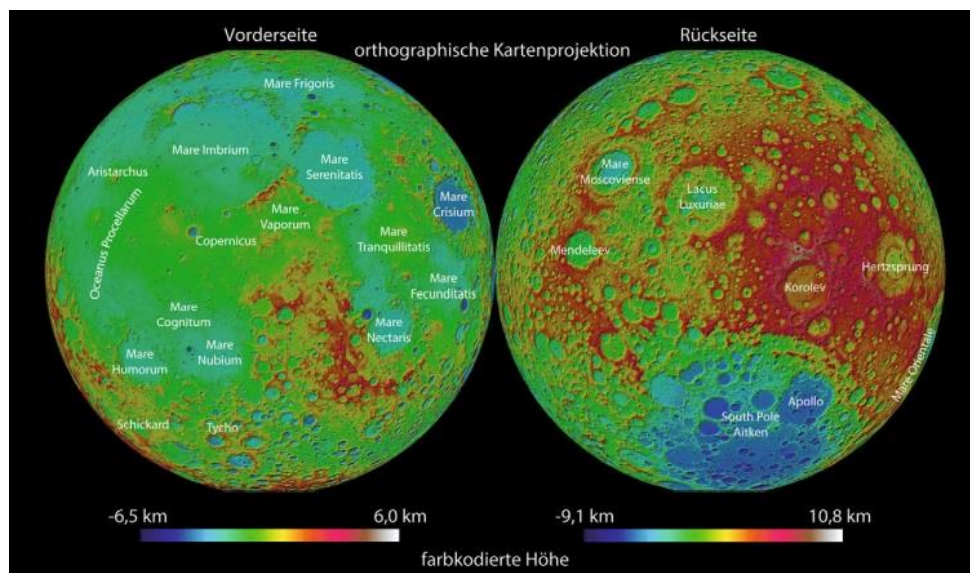


Abbildung 2: Höhenkarte des Mondes

Durch die fehlende lunare Atmosphäre ist die Mondoberfläche, im Gegensatz zur Erde, praktisch dauerhaft jeglichen äußerlichen Einflüssen schutzlos ausgesetzt. Hierdurch sind die zahlreichen Krater auf der Mondoberfläche entstanden. Einschläge von kleinen und großen Körpern aus dem Weltall treffen mit kosmischen Geschwindigkeiten ungefiltert auf die Mondoberfläche. Aber auch von der Sonne aus wirken auf den Mond extreme Kräfte. Hierbei handelt es sich um die atomare Partikelbestrahlung, die zu ca. 90 % aus Protonen und zu ca. 10 % aus Helium-Ionen besteht. Die Hauptmenge bilden dabei die Teilchen des ständigen Sonnenwindes, teils aber auch aus den periodisch sich häufenden Sonneneruptionen.

Quellen:

https://www.youtube.com/watch?v=hzHMLrXDJuU&list=PL_alsMMKm5cyYDuOP23eYaLiDQ9bs2R8R [08.12.2022]

Engelhardt, W. (1982): Die Geologie des Mondes. Die Naturwissenschaften – 69. Jahrgang Heft 9. Mineralogisch-petrographisches Institut der Universität Tübingen.

Jaumann, R.; Köhler, U.; Sohl, F.; Tirsch, D.; Pieth, S. (2018): Expedition zu fremden Welten. 20 Milliarden Kilometer durch das Sonnensystem. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Springer-Verlag GmbH Deutschland. Berlin.

[Mond: Neue Erklärung für späten Vulkanismus gesucht - Gesteinsproben der Chang'e-5-Mondmission widersprechen gängiger Theorie - scinexx.de](#)

Urban, K. (2020): Chang'e 4: Geologisches Neuland auf dem Mond. In: Urban, K. (Hrsg.): Der Mond: Von lunaren Dörfern, Schrammen und Lichtblitzen, Tübingen: 179-184. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-662-60282-9_1.

Watters, T. R.; Weber, R. C.; Collins, G. C.; Howley, I. J.; Schmerr, N. C. & Johnson, C. L. (2019): Shallow seismic activity and young thrust faults on the Moon. In: Nature Geoscience (12): 411-417. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0362-2>.

<https://www.wissenschaft.de/erde-umwelt/die-zwei-gesichter-des-mondes/> [14.12.2022]

<https://www.scinexx.de/news/geowissen/raetsel-der-feurigen-mondfontaenen-geloest/> [21.12.2022]

Urknall, Weltall und Leben: Geologie des Mondes • Planetare Geologie (7) | Christian Köberl (23.05.2021). URL: https://www.youtube.com/watch?v=Wa442PQ1S_Y [19.12.2022]